



# جمعية المهندسين الملكية المصرية

« تأسست في ٣ ديسمبر سنة ١٩٢٠ »

ومدة مرسوم ملكي بتاريخ ١١ ديسمبر سنة ١٩٢٢

\*( النشرة الثامنة للسنة الرابعة )\*

٤٢

## محاضرة المباني الخطرة

لحضرة محمود افندي احمد

« أقيمت بجمعية المهندسين الملكية المصرية »

في ٨ فبراير سنة ١٩٢٤

الجمعية ليست مسؤولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والأراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية  
يجب ان يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الاسود  
(شيفي) ويرسل رسمها صندوق البريد رقم ٧٥١ عصر

ESEN-CPS-BK-0000000280-ESE

00-26753

## المباني الخطرة

أيها السادة :

قضيت في اعمال الممارات نيفا وعشرين عاما أتيح لي في خلالها ان استجمع بعض الملاحظات والمسائل المعقدة التي صادفتني في مختلف البنايات وكان لها عندى نصيب من البحث والتنقيب رغبة في الوقوف على اسبابها وتتايجها ثم علاجها والتخلص من مضارها

تعالون حضراتكم ان الاساس هو أولى وأهم جزء في البناء يستدعي عناية المهندس والمعمار على السواء لان على سلامة الاساس تتوقف سلامة ما فوقه الى حد كبير. ولان التفريط في الاساس تفريط في بقية البناء يعقبه خلل فخطر فضياع للاموال بل واحيانا هلاك للارواح

لهذا يجب عند ظهور خلل فامض السبب ان يبدأ بأساءة الظن في الاساس قبل أى جزء آخر من اجزاء البناء

والتنقيب عن عيوبه التي تنم عن نفسها بنفسها بسرعة وبسهولة  
والتي تتلخص فيما يلي .

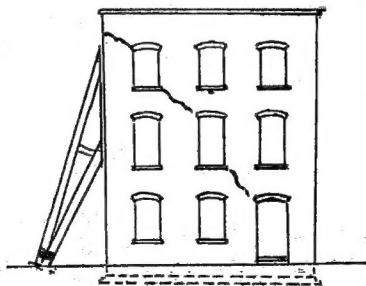
هبوط جزء من الطبقة الارضية المقام عليها البناء يؤدي  
الى انحطاط بعض هذا الاخير دون البعض الاخر فيتزعزع  
ذلك البناء . وفي مثل هذه الاحوال يدل الاختبار على ان  
جزء من الارض الحاملة للبناء موقر بالاثقال اكثر من الجزء  
الآخر . إلا في احوال نادره حيث تشاهد اثقال البناء  
موزعة بنظام على سطح الموقع . غير أن بعض اجزاء هذا  
الاخير يظهر مناعة ضد الثقل فيحفظ مستواه بينما يضعف  
البعض الآخر ويعجز عن المقاومة فيستسلم ثم يهوى  
هناك حالات عديدة لا يأتي الخطر فيها من عيب اصلي  
في الاساس بل من حفر عميق او من رفع القسم الاسفل  
من جدار مجاور فيحرم الاساس من سند جانبي

### أمارات الهبوط

ان العلام المألوفة الكثيرة الدلالة علي الهبوط هي  
الشروخ والفروع التي ترى في جدران البناية

ولكن عند البحث في عيوب كهذه بالجدران يجب  
الاجتهاد في التمييز بين الشروخ الدالة علي الهبوط وبين  
الشروخ الناتجة عن عيوب في صناعة الجدران نفسها .

فالشرخ الرأسى الاتجاه المبتدىء من قمة الجدار واسعا  
ثم يستدق كلما نزل حتي يتحول الى قطع ضيق رفيع يدل علي هبوط  
طرفي الجدار معا أو هبوط احدهما فقط . واذا ما اختبرت  
مداميك البناء بروح التسوية والزوايا بخيط شاغل امكن  
الوصول الى الحقيقة ومعرفة الطرف او الطرفين الهابطين  
تدل الشروخ المائلة علي الهبوط عادة غير أنه يجب عند  
بحثها الحذر من خطأ في الاستنتاج . والرسم الاول يبين



حالة من حالات الشرخ المائل حيث ظن في اول الامر ان الشرخ الحادث في الوجة كان نتيجة هبوط الركن الايسر منها ولكن البحث الدقيق اظهر أن الركن الايمن هو الذى هبط حيث دار قليلا حول الجزء الكائن اعلا النصف الايمن من الوجة وبهذه الوسيلة حدث الهبوط

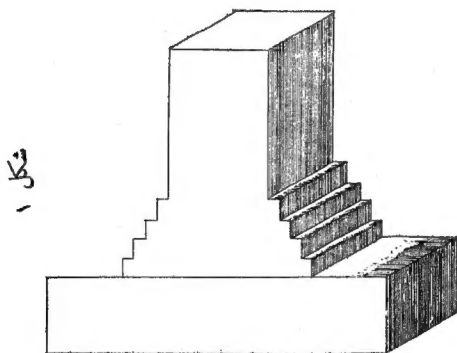
كثيرا ما يحدث الهبوط بكيفية غير منتظرة. مثال ذلك ما آذن المساجد وابراج الكنائس وبعض المداخل الضخمة التي يكون ثقلها بالنسبة للمساحة المقامة عليها اكبر من ثقل غيرها من الاجزاء الاخرى من البناية كالالونة بالنسبة لمساحة ارضها فلا يستبعد هبوطها ولكن اذا بنيت الالونة على رقعة من الارض اكثر رخاوة مما جاورها أو كانت اساسات جدرانها أقل عرضا مما يلزم لتناسبها مع ثقلها فالهبوط الاكثر ربما يحدث للالونة اكثر من حدوثه للمنارة

كذلك البنايات المقامة على شواطىء الانهر فانها تكون قابلة للميل نحو الماء لان الارض التحتية في تلك الجهة أرتطب وأرخى من الجهة الاخرى . ولكن اذا ظهر أن البناء مال

الى الجهة البعيدة عن الماء فلا بدّ وان يكون ذلك راجعا الى وجود حائط علي ضفة النهر ساند لما خلفه من الاتربة المقام عليها البناء. وفي حالة كهذه لا يكون هناك خطر فعلي ولكنها ظروف ربما تهيء حالة خطره. وعلي ذلك يستصوب التأكد من وقت لآخر من وجود حركة في البناء بوضع علامات جصية أو لصق ورقة أو أكثر على كل شرح ومراقبة هذه العلامات حتي اذا تشققت أو تمزقت كان ذلك دليلا علي وجود حركة اختلال للبناء ، واذا ثبت وجود هذه الحركة فالشد والصلب يصيران لازمين حتي يتم إصلاح البناء.

ومتي قرّر الرأي على عيب في الأساس وجب قبل الاقدام على معالجته تقدير ما عليه من ائقال سواء في ذلك ثقل الحائط الذي تعلوه والسقف الرأكب عليه والاحمال الحية والمستديعة ثم ثقل الأساس نفسه وتأثير قوة الرياح اذا كان السقف جملوني الشكل ، وذلك لمعرفة ما إذا كان عرض الأساس كافيا لمقاومة محصلة الاحمال او أنه في حاجة الى الزيادة. ومتي ثبت أن هذه الزيادة لازمة فتنفيذها من وجهة

استاتيكية يحتاج الى امرين.  
اولهما — ان يكون عرض الحطة السفلي من الاساس  
كافيا لتوزيع محصلة الاحمال السابقة الذكر على مسطح من  
الارض رد فعله او قوة مقاومته للضغط مساو أو أزيد قليلا  
من فعل هذه المحصلة



ثانيهما — أن يكون سمك أو ارتفاع هذه الحطة  
محسوبا على أن يقاوم فعل القص والانحناء وذلك باعتبار الحطة  
نفسها ككباسين طرفيهما مثبتين اسفل الجدار وطول كل  
منهما يساوى البروز « ل » للحطة السفلى والحمل الواقع علي



هذا الطول يعتبر موزعا عليه بالتساوى ومساو لنصف رد  
فعل الارض (ح)

ولستم في حاجة الى القول بأن عزم الانحناء هذا الكباس

هو عزم الانحناء  $\frac{C L^2}{2}$   
وعزم المقاومة  $H$  :  $D =$  ارتفاع الخطه  
عزم المقاومة  $= \frac{1}{4} S W^2$   $A =$  وحدة من طول الاساس

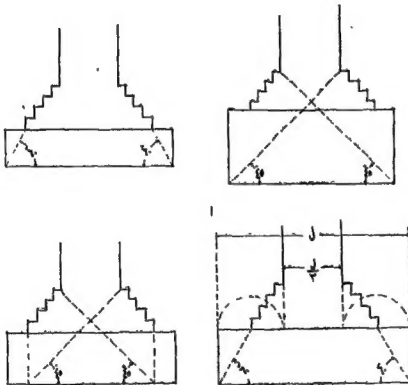
وان من مساواة هذين العزمين بهما ببعض ينتج  
الارتفاع أو السمك اللازم اعطاؤه للحطة السفلي  
ولا أظن بعد توفر هذين الشرطين ان تكون هناك  
حاجة الى استعمال قانون رانكين الخاص بتعيين عمق الاساس  
والذي هو بالصورة الآتية المعلومة لحضراتكم

$$\text{عمق الاساس} = \frac{C}{W} \left( \frac{H - 1}{H + 1} \right)^2$$

وفيه  $H =$  حمل الامن الواقع على الوحدة المربعة من  
قاع الاساس و (و) وزن ذات الوحدة مكعبة من تربة  
الاساس و (هـ) زاوية ميل التربة الارضية  
Angle of Repose  
ولا شك ان جميع الذين قرأوا الفروض التي فرضها

رانكين حتي توصل الى وضع هذا القانون ومشتقاته الداخلة  
في حساب الجدران ودفع التربة يدركون ان العدول عن  
استعماله خير من الجرى ورائه

كذلك الشكل الثاني المعروف باساس ميتشل والثالث  
المعدل له وأخيرا الشكل الخامس المعدل لثلاثة أشكال السابقة  
فهذه لا تفضل على الطريقة الحسابية السابقة الذكر

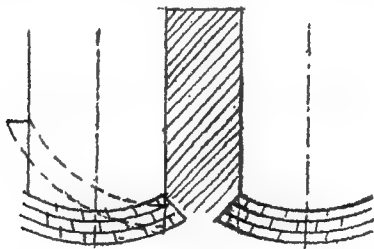


ومن الطف ما يروى ان استعمال القصات Footings  
في الاساسات غير مألوف في اسكتلندا وفي شمال إنجلترا

ولكنه محتمل الاتباع في جنوب إنجلترا

### « Inverted Arches المقوود المقلوبة »

لقد قلّ عن ذى قبل استعمال المقوود المقلوبة في مساواة توزيع الضغوط الواقعة على أساسات البنايات نظرا للتحسن الذى أدخل على طرق التأسيس، وبسبب الخلل الذى ظهر فى كثير من المآثر التى استعملت فيها هذه المقوود أما الفكرة التى بنى عليها استخدامها فإسنادها أن الاكتاف التى بين الشبايك بضغطها على جزء صغير من الأساس وبسبب كثرة الحمل الواقع عليها تكون بطبيعة الحال معرضة لهبوط أكبر منه فى الأجزاء الأخرى المحصورة



شكل ٦

بين تلك الاكتاف وتكون النتيجة قطع الاتصال بين  
اجزاء الاساس الواقعة تحت الاكتاف وبين اجزائه  
الاخرى المحصورة بينها

فلنع هذا العيب — عيب تجزئة الاساس الى قطع —  
رؤى ادخال عقود مقلوبة بين الاكتاف تؤدي الى توزيع  
ضغط « الاكتاف Piers » بالتساوى على الاساس بأكمله  
ولا ينبغي ان دفع كل عقد من هذه العقود يعارضه  
دفع آخر مساو له من عقد ثان شبيه به وهكذا يتسلسل  
الدفع وتتابع المعارضة حتي تصل الى الكتف الاخير من  
البناء الذي يجب عليه مقاومة هذا الدفع النهائي بمساعدة  
ما خلفه من التربة وبفضل الابعاد الكافية التي تعطي له،  
حتى يكون ثقله كاف للمقاومة، وإلا فأن جزءه الاسفل  
يندفع الخارج ويتعرض البناء للخطر . ومتي وصلت الحالة  
الى هذه الدرجة فالمبادرة بعملية الشد والصلب تصوير واجبة  
لتخفيف الحمل عن الكتف المختل حتي يهدم ويعاد بناؤه  
هو جزء من العقد المجاور له بطريقة تضمن أمنه حاضرا

وهـ مستقبلا ، وهذا يكون بواحد من اثنين  
أولهما — زيادة عرض الكتف ليثقل وزنه  
ثانيهما - زيادة تنفيخ العقد بالكيفية المبينة بالشكل  
السادس

ولكن اذا كان العقد واسع الفتحة فيجب عند إعادة  
بنائه العمل علي الاقتصاد في مواد البناء وفي الحيز الذي  
تشغله ايضا

وبدهي في العقود المعتادة المحمولة على اكتاف ان  
المقاومة الاستاتيكية للاكتاف يمكن زيادتها بزيادة ثقلها  
كما كان بناؤ القرون الوسطى يزيدون مقاومة الدعام  
بشرفات تعلوها فتزيد في ثقلها . ولكن في حالة العقود  
المقلوبة تكون كل زيادة في ثقل الاكتاف سببا في زيادة  
دفع هذه العقود . ومن هنا يظهر أن الشروط التي بها يقاوم  
ثقل دفع العقد يجب ان تكون مرتبطة بتناسب عرض  
الكتف ثم « بسعة Span » العقد وارتفاع تنفيخه  
ولا يخفي ان الدفع الافقي للعقد « القطع دائري —



تساوى نصف ثقله أى

$$\frac{2 + 2}{4}$$

وبناء على هذا يثبت البناء متى كان  $\frac{2}{8}$  لا يتجاوز

$$\frac{2 + 2}{4} \text{ أو متى كان } \frac{2}{8} = \frac{2}{4}$$

وإذا تقرر ذلك فانسب الآتية تضمن الثبات

عرض الكتف  $\frac{1}{2}$  سعة العقد : فسمم العقد يكون  $\frac{1}{2}$  الفتحة

»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»

ومتي علم ثقل الكتف المتطرف بهذه الطريقة التقريبية

فدفع العقد يمكن تحقيقه من القانون  $\frac{2}{8}$  حيث

(د) = الدفع و (و) = الوزن المنتقل من الكتف الى

نصف العقد

## الجدران

إذا مال جدار على المستوى الرأسي بسبب عيب في أساسه فالعادة أن يصلح الجدار والاساس معا . غير أن حالات الجدران متنوعة بسبب تنوع القوي المعرضة لها والجهود المختلفة الواجب عليها بذلها لمقاومة تلك القوي ولهذا لا يستطاع وصف علاج شامل . ولكن يمكن عرض حالات خاصة كثيرة المصادفة في العمل

وأبسط الحالات اسوار الحدائق والمزارع التي لا تحمل سوى ثقل نفسها ولكنها في الوقت ذاته تتعرض لضغط الرياح فتتقوس تقوسا يتدرج سهمه في الكبر ابتداء من سطح الارض الى قمة الجدار . واكبر تقوس من هذا القبيل شاهدته في الوجهة البحرية لجامع الظاهر ببيرس بميدان الظاهر حيث بلغ سهمه نحو ٥٥ سنتيمترا ثم الجنب البحري لسور الدير الاحمر الكائن غرب منوهاج حيث بلغ نحو ٣٥ سنتيمترا . ولا أشد عن الموضوع كثيرا اذا قلت لحضراتكم إن هذا السور الاخير مبني بالطوب الاحمر بار تفاع ١٣ مترا مع ان اساسه مبني بالطوب الاخضر بعمق أقله ٦٠ سنتيمترا



واكثره مترا واحدا

وفي اسوار الحدائق والمزارع يوجد خصم خفي بالفعل  
بطيء التأثير عظيمه ، ذلك هو جذور النباتات والاشجار  
والنخيل التي ترزعع ثبات الجدار تدريجا بقوة رافعة هائلة.  
فاذا حدث ذلك وكانت الدعائم لا تقوي على منع انقلاب  
الجدار فلا بد من اعادة بناؤه بعد استئصال شأفة الجذور  
والا فالعلاج يكون وقتي

اذا برزت قمة جدار منزل عن قاعدته فيكفي ان يزداد  
في عرض الاساس وفي سمك الجدار نفسه بكتلة منشورية  
من البناء تكفي لجعل الوجه المائل رأسي مع العمل على ربط  
البناء الجديد بالبناء القديم ولا أظن ان في مثل هذه الحالات  
العادية البسيطة يكون هناك محل للاهتمام باختلاف درجتي  
حرارة البنائين واختلاف معاملي مرونتهما كما كان الحال  
في سد أسوان عند ما نفذ مشروع تعليته

ولكن اذا كان الجدار مجسما قليل الارتفاع كثير الميل  
فزيادة السمك بالكيفية السابقة لا تكفي لاعادة ثباته اليه بل

يجب ان تكون الزيادة في السمك محسوبة بالقانون الآتي:

يضاف الى مقدار الميل نصف سمك الجدار عند قاعدته

ويؤخذ نصف المجموع فالنتائج يكون سمك الزيادة المطلوبة

عند قاعدة الجدار

نعم ان هذه طريقة بسيطة ولكن ربط البناء الجديد بالبناء القديم يستدعي هدم جانب كبير من وجه الجدار وهذا مما لا يستصوبه بعض المهندسين، وفي هذه الحالة يجب الالتجاء الى الدعائم بشرط ان يكون مكعب المواد الداخلة في بنائها معادلا لمكعب الزيادة السابقة الذكر وبشرط أن لا يتجاوز بروز هذه الدعائم عرضها فاذا وقع ذلك فلا بد من الاقتصاد في المواد والعمل على عدم تجاوز البروز مقدار العرض الذي لا يجب ان يقل عن  $\frac{1}{4}$  المسافة المحصورة بين محوري دعائمين متجاورتين

تفعل السقوف الجملونية والقبوات في الجدران الحاملة لها ما تفعله التربة والمياه في الخيطان السانده لها فاذا حدث شيء من ذلك فالدعائم السابقة خير علاج لها

## « العيوب الموضعية في الجدران »

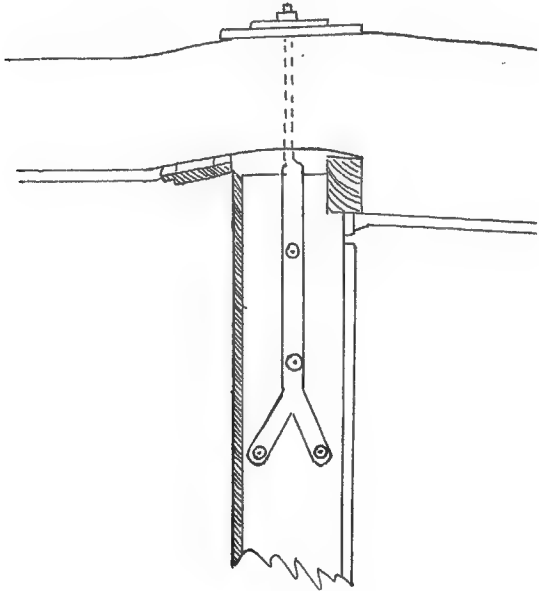
ان اجلي وأوضح عيب محلى في الجدران هي الفلوع والتبرج . ومتى (تبرج) الوجه الخارجى لجدار ما فوجهه الداخلى يجب فحصه حتى اذا وجد رأسيا كان ذلك دليلا على ان التبرج قاصر على الوجه الخارجى وحده . وهذه حالة مشاهدة بكثرة في مبانينا القديمة — في قسيمي الدرب الاحمر والجمالية — حيث ترى الجدران التي بنيت منذ حوالى مائة عام بسمك كبير قد انفصلت احجار وجهها عن القلب بسبب قلة (الأسهال) الرابطة بينهما . وليس في هذه الحالة خطر ما بل ويكفى لعلاجها فك الاحجار المبوجة وردھا بالثاني مزودة بالاسهال الرابطة الكافية

أيها السادة : شاهدت في كثير من الآثار التي اشتغلت باصلاحها أن الجدران التي ترم اسفلها بسبب تآكل احجارها بفعل الرطوبة أو بفعل الزمان — أو بسبب التبرج السابق الذكر — ان الاحجار الجديدة التي بنيت بدل القديمة قد ظهرت على وجهها املاح وقشور بعد زمن وجيز من بنائها

وكثيرا ما غيرتُ في انواع الاحجار والحاجر فلم أوفق الى دواء ناجع وأخيرا جربت الطريقة الآتية في مسجد جمال الدين الاستادار الكائن باول شارع الجمالية فنجحت نجاحا تاما عمدت الى أحد الجدران ورمت سفله بالحجر ولكفى تركت في الجزء للبني فراغات (شنايش) مسطحها يعادل ١٠ ٪ من مسطح البناء الجديد وعمقها كسمك الترميم

ثم صمدت في الوقت نفسه الى ترميم جزء آخر بجوار القسم السالف الذكر ولكن بدون أن أترك فيه ثغرات فبعد سنة وجدت احجار الجزء الاول سليمة خالية من الاملاح والقشور ووجدت احجار القسم الثاني مملحة مقشرة فسددت الثغرات ودأبت على هذه الطريقة فلم تخطيء مرة واحدة نعود الى التبوج فتهول : انه قد يحدث ايضا في الجزء العلوى من جدار بسبب دفع سقف جملونى وفي هذه الحالة يكفى ربط الجزء المبوج فى الجدار الموازى المقابل له بواسطة قضيب من حديد تكون وظيفته في هذه الحالة كوظيفة شداد الجملون يصل ما بين قدميه

ومثل هذا العلاج يتخذ عند ما يكون التبوج حاصلًا  
في الجزء الراكبة فيه كرات سقوف الادوار المتوسطة  
ولكنني لا أرى داعيًا لمد الرباط من جدار الى آخر بل يكفي  
أن يكون أحد طرفيه مثبتًا في الوجه المبوج والطرف الآخر



شكل ٧

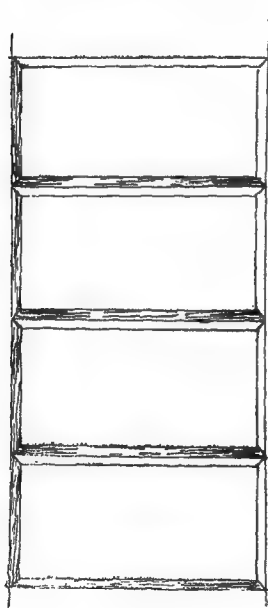
في احدى كمرات السقف كما يرى في الشكل السابع مع  
الاجتهاد في اخفاء الرباط عن النظر

هناك حالة أخرى من حالات التبوج لا بأس من  
ذكرها

شاهدت هذه الحالة متكررة لأول مرة في بيت ائرى  
بدرب الرشيدى حيث رأيت التبوج مصحوبا بتفتت في  
الاحجار المبوجة وأعلى التبوج شرخ رأسي فوقه طرف  
عتب غليظ حامل لسقف كبير . ولكني لم أجد تحت ذلك  
الطرف ميده لتوزيع الثقل على مساحة كافية من طول الجدار  
فأدى عدم وجودها الى تأثير الثقل المتقول الى الحائط بواسطة  
طرف العتب على مساحة صغيرة وكانت النتيجة ظهور فعل  
القص الذال عليه وجود الشرخ الرأسي ثم ظهور السحق  
الذي انبأ عنه تفتت الحجر

وبهذه المناسبة مناسبة وضع الميّد تحت اطراف الاعتاب  
نأتى هنا على ملاحظة عمارية قد يظنها البعض لمجرد الزخرف  
ولكنها فنية بحته

كثيراً ما يشاهد تحت أطراف اعتاب الكبارى  
بسط حجرية تستخدم كوسائد لتوزيع الضغط على الاكثاف  
كما تفعل المييد وقد يحدث أن ينحني العتب بتأثير الثقل عليه  
فتضغط شفته السفلي حافة الوسادة فتكسر ها. واجتنباً لهذا



شكل

الفعل تشظف هذه الحواف  
أو تستدار. وعن هذه  
الفكرة شظفت لحامات  
الوجهات الحجرية أو  
الاعمدة كما في الشكل الثامن  
« سحق الجدران »

جميع الجدران الرأسية  
الوضع القليلة الارتفاع  
تسحق مادتها بسبب زيادة  
حملها أو لرداءة مادتها.  
ومتى كان الحمل موزعاً عليها  
بنظام وتساو فالجدار يسحق

في كامل طوله . واذا أضيف الى هذا الحمل ثقل الجدار  
فالسحق قد يحدث في جزئه الاسفل . ولا يخفى ان مادة  
قلب الحائط محفوفة بالضغط الواقع عليها من مادة الوجهين  
ولكن هذين الاخيرين بسبب خلوهما من سند جانبي تصير  
مادتهما قابلة للكسر على هيئة قطع منشورية تبرز الى الخارج  
فتقطع المساعدة عن القلب فيتبعه في الكسر والبروز  
من هذا يفهم ان احدى علامات سحق الجدار ليس  
التبوج ولكنه نتوء البناء المكسور على شكل زاوية منفرجة

« خلل الاعمدة والاكتاف الحجرية »

تختل الاعمدة والاكتاف الحجرية بسببين أولهما  
صناعي والآخر حسابي

أما السبب الصناعي فراجع الى عدم انتظام نحت مراقده  
أو لحامات البسط المكون منها العمود وقلة سمك المونة الى  
أصغر حد ثم الى عدم انتظام هذا السمك كأن تكون المونة  
سميكة في جزء من سطح اللحام قليلة في الجزء الآخر فيختل  
توزيع الثقل على سطح اللحام الافقي وتتسقق البسط





الذى هو السبب الاول الحقيقى للكسر المائل على مراقده  
البسط المكون منها العمود وهذا الرأى المثبوت عمليا مؤيد  
بالحساب الرياضى الآتى المعروف لحضرتكم

اذا فرض ان عمودا حجريا منشورى الشكل صنع  
قاعدته المربعة المساوى (د) يحمل ثقلا محصلته (ح) ثم قطع  
بالمستوى (ا ب) المائل على الافق أو (اللحام) بزاوية قدرها  
(هـ) فهذه المحصلة تتحلل على المستوى المذكور الى مركبتين  
احدهما عمودية عليه وتساوى (د حتا هـ) والثانية موازية له  
وتساوى د حا هـ ، وبما أن القطاع الموضى للعمود هو د<sup>٢</sup>  
فقطاعه المائل هو د<sup>٢</sup> فا هـ ، والضغط الواقع على الوحدة المربعة  
من هذا السطح يساوى د حنا هـ ÷ د<sup>٢</sup> فا هـ ، وجهد القوة  
القطمة = د حا هـ ÷ د<sup>٢</sup> فا هـ

وهذه الكمية تبلغ (نهايتها العظمى Maximum)  
متى بلغ مقدار هـ ٤٥° ، ويتبع ذلك ان  $\frac{\text{حنا هـ}}{\text{ح حتا هـ}} = \frac{1}{2}$  بحيث ان  
أعظم جهد تقطع للوحدة من مسطح قطاع العمود يعادل  
نصف جهد ضغطها

لهذا ننصح عند حساب مقاومة الاعمدة الحجرية أن  
تراعي قوة القطع قبل مراعاة المقاومة للضغط

### « خلل العقود »

جميع العقود النصف دائرية و (الرجونية Elliptical)  
إذا طرأ عليها خلل فإنه يكون بهبوط عند المفتاح (Crown)  
وعلو عند (الخصرين Haunches) وبمعكس ذلك العقود  
(المديية Pointed) فإن خللها يؤدي الى رفعها عند المفتاح  
وهبوطها عند الخصرين . ولهذا يجب عند شد العقود أن  
يحمل المفتاح في الحالة الاولى وان تسند الخصور في الحالة  
الاخيرة

وقد تستعمل (الكائنات Cramps) احيانا في اصلاح  
العقود . ومتى قرر الرأى على استعمالها فيجب وضعها في  
الاجزاء القابلة للتفتح أى عند (سطح التنفيخ Intrados)  
بالقرب من المفتاح في العقود الدائرية . أو الرجونية وفي  
منتصف الارتفاع في العقود المديية . ومتى كان كنف العقود  
ثابتين قويين فاحتمال حدوث خلل المقد يحدث عن اضمحلال

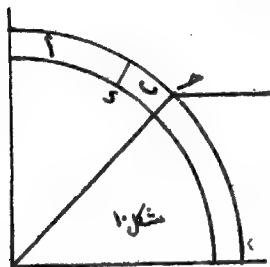
مادته بفعل الزمان أو لحاجة الى زيادة السمك . أما الحالة الاولى فملاجها هدم واعادة بناء العقد وأما الحالة الثانية فملاجها اضافة حلقة ثانية فوق الحلقة القديمة . وفي حالة . ما يكون العقد دائريا وتكون المسافة فوقه مساعدة على بناء الحلقة الجديده مدية فيحسن بناها بهذا الشكل لما فيه من مزية ( حدة Steeping ) خط الضغط

قد يكسر العقد ايضا بسبب هبوط أساس الكتف الحامل له أو بسبب زيادة سموك لحامات هذا الكتف ثم بسبب عدم انتظام توزيع الاثقال على العقد وهذه اسباب يسهل تلافيها بالطرق العادية

## القباب

يندر أن تحمل القباب غير ثقل نفسها ومع ذلك فانها اذا كانت نصف كروية الشكل . ووحدة السمك فدفع الجزء العلوى يكون كبيرا الى حد أن الجزء الاسفل يعجز احيانا عن مقاومته ولهذا السبب اتجهت الفكرة الى ملء خصور القبة النصف الكروية الى علو ٤٥° فوق مبدء انحنائها .

بشرط ان يعطي الوقت الكافي ( لشك ) البناء قبل فك عبوة القبة . ولكي يكون ملء الخصور جمال عمارى اكتفى البيزنطيون باقامة دعائم متعددة حول القبة لانزال نرى في مصر أمثلة منها كقبة جامع محمد بك أبى الذهب تجاه الازهر وقبة جامع سنان باشا الجندى المهندس الالبانى المعروف في بولاق باسم جامع ( السنانية )



يتضح مما تقدم ان الوجهة العملية تقضى بان قبة ذات سمك معقول لا يؤمن بناؤها على علو اكثر من ٩٠° ، أو من

٤٥° تحت مركز مفتاحها ، والشكل ١٠ يبين نصف قبة كرويه الشكل ملئت خصورها لغاية النقطة ( ح ) الكائنة أسفل المفتاح بقدر ٤٥° . وهنا يتساءل عما إذا كانت القبة قابلة للاختلال بالانفجار عند أية نقطة تعلو النقطة ( ح ) ؟ ان الدفع الحاصل من أى جزء علوي كالجزء ( ا ) يمكن

تحقيقه بنفس النظرية التي حسب بها دفع العقد وبناء على ذلك اذا فرض أن (و) هو وزن الكتلة (ا) وأن (ق) هو البعد الافقى لمركز ثقلها عن نقطة الارتكاز (د) وأن (ع) هو علو ظهر المفتاح عن (د) وأن (ض) هو الضغط أو الدفع الافقى الحادث من الكتلة (ب) فان

$$\text{ض} = \frac{\text{و ف}}{\text{ع}}$$

وفي هذا القانون مفروض ان القبة ستختل بفتحها عند سطح تنفيخ المفتاح وعند (سطح التجريد Extrados) فوق (ب) وهذا الدفع يقاوم عند (ب) بنفس الكيفية التي بها جدار أو كتف يقاوم الانقلاب وعلى هذا اذا فرض ان (و) يساوى وزن الكتلة (ب) وان (و) = البعد الافقى لمركز ثقله عن نقطة الارتكاز (ح) وان (ع) هو ارتفاع (د) عن (ح) و (ض) هو عزم مقاومة الكتلة (ب) فان

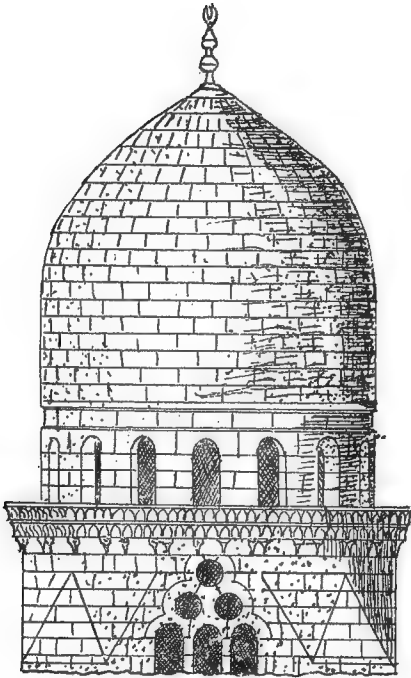
$$\text{ض} = \frac{\text{و ف}}{\text{ع}}$$

ولا بد من ملاحظة ان النظرية السابقة مبنيه على افتراض ان صنج القبة غير قابلة للضغط ، ولكن في حالة

حدوث اختلال فإن هذه الصنج تسحق عند حوافها بدلا  
من دورانها وان النظرية التي نحن بصدها تبين توازن  
القوى الحقيقي قبل وقوع الاختلال

ولا فائدة من التعرض لذكر طريقة تعيين ممولك القباب  
لان شروط ذلك التمين لا تختلف في شيء عن شروط  
العقود ولكن أوجه الانظار الى براعة اسلافنا الصالحين  
المقتدرين

كلنا يعرف أن من بين شروط توازن العقود وثباتها  
أن يمر بمنحني الضغط داخل الثالث المتوسط أو النصف  
المتوسط من ممك العقد، فلو طبق هذا الشرط على القبة  
القاهرية (أى القبة التي توجد في آثار القاهرة الاسلامية)  
لحجم عليها بالاختلال ولكن ثباتها ينافي ذلك الحكم، فهل  
ناقض العلم العمل؟ الحقيقة ان لا تناقض بينهما وان المهندس  
المصرى نفذ بحدة ذكائه في مسألة الدفع الافقي فتحكم  
فيه بفكرة بسيطة ابتكرها وصمم القبة بشكل بديع متقن  
خال من الدعائم الساندة التي أشرنا اليها من قبل



« القبة الفاهرية »

تلك الفكرة البسيطة هي جعل لحامات الصنّج أفقية  
أى عمودية على المحور الرأسي للقبة بينما القباب الرومانية



والبيزنطية تجعل هذه الحمامات كالحمامات العقود متجهة في خطوط منبعثة من مركز الانحناء ومائلة على المحور الرأسي

### « الكمرات والسقوف »

جميع الكمرات - خشبية كانت أو حديدية - تحتل إما بزيادة تحميلها وأما بمطب يتلف مادتها . وإذا روعيت مسألة زيادة التحميل وجب علينا عند حساب بعدي قطاعها وهما العرض والارتفاع . عدم الاكتفاء بجعل عزم انحنائها مساو لعزم مقاومة مادتها لان الكمرة قد تتوفر فيها هذا الشرط ولكنها مع ذلك تكون معيبة ، وهذا العيب شائع واضح في سقوفنا الخشبية التي تشاهد مربعاتها منحنية انحناء كبيرا ما يؤدي الى تشقق بياض تلك السقوف اذا كانت ملقمة بالبغدادلي ثم الى تفتت بلاط الغرفة التي تعلو ذلك السقف . وفي هذا دليل على ان التوازن ينقصه عامل ثالث غير عزمي الانحناء والمقاومة . هذا العامل هو (الصلابة Stiffness) التي نحصل عليها بزيادة ارتفاع المربعة أو الكمرة بقدر معين يمنع (ترخيمها Deflection) بأكثر

من الحدود التي نصت عليها كتب مقاومة المواد والتي لا  
أراكم في حاجة الى ذكرها هنا

ولمناسبة تشقق بياض السقوف اذكر لخضراتكم عاملا  
ثقيلا تدخل في هذا الموضوع ، هو مجلات اللوري الثقيلة  
التي تجتاز شوارعنا هذه الايام فتهن الباني هزاً كان من  
نتائج ما شاهدته في بعض العمار الحديشة من حدوث  
التشقق المشار اليه فارجو من هيئة هذه الجمعية الموقرة ان  
تعمل على درء خطره

أما عطب المادة فهو نتيجة الصدأ في الحديد والصلب  
والنخر والتسويس والتآكل في الخشب وقد عثرت في جهة  
الخرشتف « الخرنفش » على سقف خشبي توفرت في  
مربوعاته كل شروط المتانة والمقاومة وجودة المادة ولكنه  
سقط جسما واحدا بسبب تآكل اطرافه السابحة في الجدران  
بفعل املاح المونة والرطوبة معا . كذلك عثرت في الكنيسة  
المعلقة التي زارتها الجمعية سنة ١٩٢١ على جملونات حافظة لكل  
اشكالها ولكن بواطن اجزائها حوت مسالك وسرايب

وأوکار انشأتها الزناير بمهارة فائقة أعدمت فائدة الخشب  
وجعلت تجديده أمرا محتملا  
ولا أزيد حضر اتكم علما بالكمرات الزهر فهي أكثر  
الكمرات خيانة وأعظمها خطرا لانها اذا حملت أكثر من  
طاقها قليلا كسرت بغير سابق انذار أو تحذير فاحذروها  
أو اهجروها كما هجرها غيرنا

### « البنايات العالية »

جميع البنايات العالية — أى التي لا يكون ارتفاعها  
مناسبا لضلع قاعدتها — اذا طرأ عليها خلل خطير فطرق  
ملاقاته تكون غالبا معقدة دقيقة . وأظهر حالات خطر  
هذه البنايات وأخص بالذكر منها ما آذن المساجد وابراج  
الكنائس . وبعض المداخل العالية ، هو ميلها على الخط الرأسى  
سواء لعيب فى الأساس أو فى بناء القاعدة أو لفعل الريح  
الذى ليس لهبويه جهة معينة ، ولكنه فى مصر يهب غالبا من  
جهتي الشمال والشمال الغربى  
واذا ثبتت براءة الأساس من تهمة حدوث الميل

فقد يكون هناك محل للظن بأن بعض المواد المبنية منها  
 المارة كالطوب والحجر (قابلة لليونة Flexibility) الي  
 حد ما كما لا بد من الاعتقاد بان كثيرا من المآذن عندنا  
 مال الى الجهة المقدر ان يهب منها الريح، وهذا دليل على ان  
 هذا الاخير لم يكن له من التأثير على المئذنة ما يكفي لدفعها  
 امامه والعمل على حدوث شد علامته تفتح لحامات البناء  
 من ناحية هبويه وحدوث ضغط دالته تفتت وتشقق مواد  
 البناء من الناحية الاخرى المقابلة للاولى، وهذه الاعراض  
 ظهرت جليلة واضحة في منارة جامع ابى العلا يولاق التي كان  
 علاجها الوحيد هدمها واعادة بنائها بعد أن عجزنا عن  
 تقويمها بالطريقة التي اتبعت في تقويم مدخنة تونسند بانجلترا  
 هذه المدخنة بدأ ميلها من نقطة ثعلو القاعدة بقدر  
 ١٠٠ قدم وبلغ نحو ٧ أقدام وتسع بوصات بحيث جعل البناء  
 على شكل منحني

كان العلاج الوحيد لتقويم هذه المدخنة واعادتها الى  
 الوضع الرأسي نشر عدة قطاعات افقية بالمعشار في اثنا عشر

موضع من ارتفاع الجانب المضاد لجهة الميل بحيث عمل كل قطع على شكل منشور ثلاثي أو سفين ارتفاع قاعدته يساوي  $\frac{1}{2}$  من الميل وبذلك أعيدت المدخنة الى وضعها الزاوى بالتدريج

ومن المهم في مثل هذه الاعمال التأكد تماماً من مقدار الجزء الواجب قطعه للوصول الى الغرض المقصود لان اصغر خطأ في تقديره يؤدي الى فرق عظيم. وأسلم الطرق عاقبة في مثل هذه الاحوال هو قياس الارتفاع المكلي على كل من الجابين المحذب والمجوف على التوالى وبالطبع يكون الفرق بينهما هو الجزء الواجب قطعه من الجانب المحذب. ولا بد من استعمال الاسافين في الاجزاء المنشورة ثم سحبها شيئاً فشيئاً اثناء عملية التقويم

ومهما كان مبلغ التقويم أو الترميم من الصغر فلا بد من شد البناء بالقطع الخشبيه المناسبة ولكن لا ننس ان العمارة الواحدة قد يطرأ الخلل على اكثر من جزء واحد من اجزائها المختلفة نوعاً وشكلاً ووظيفة فاذا ما حدث ذلك

فعملية الشد تصير معقدة ولها من الاهمية ما للترميم نفسه  
من الاهمية لان اجراءها تعوزه المهارة وسعة الحيلة والالمام  
التام بتوازن القوى

كنت أود علي ان آتي هنا علي بعض حالات الشد  
والصلب الهامة ولكنني خشيت التطويل والملل فعزمت علي  
ان افرد لها محاضرة خاصة اذا تمتحتم لي بها .

وختاما اكرر الشكر لحضراتكم علي صبركم وحسن

المهندس

اصغائكم

محمود احمد

مدير مجلة الهندسة





مُطَبَّعَةٌ فِي الْمَوْلَى نَسَاجَ حَمْدًا عَلَى مَا أَهْلًا  
بِمَوْلَى الْكَلْبِ الْخَدِوَّةِ لِعَامِلِيهَا عَمَّا فِيهِ